

CONTRIBUIÇÕES DO USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA ANÁLISE DO DESEMPENHO NA INDÚSTRIA QUÍMICA

CONTRIBUTIONS OF USE STATISTICAL PROCESS CONTROL IN THE PERFORMANCE ANALYSIS OF THE CHEMICAL INDUSTRY

Paulo Saldanha¹, Carolina Kirsch Rothe², Diego Augusto de Jesus Pacheco^{3,*}, Carlos Fernando Jung⁴, Carla Scwenbergten Caten⁵

RESUMO

A competitividade do mercado obriga as empresas a trabalhar de forma incessante na redução de custos e melhoria da qualidade. Uma maneira de atingir tais objetivos é através da otimização dos processos produtivos pela substituição de matérias-primas ou melhorando a produtividade dos recursos. Nesse sentido, esta pesquisa analisou o desempenho de um processo produtivo de uma empresa gaúcha aplicando o Controle Estatístico do Processo. A primeira fase do estudo foi identificar o problema que estava ocorrendo, e na sequência foram realizadas as coletas de dados e posteriormente a análise. Na etapa de análise, foram usadas ferramentas como o histograma, a carta de controle das médias e amplitudes, além da análise de capacidade do processo através dos índices de Cp e Cpk. Os principais resultados da pesquisa evidenciam que o processo investigado não apresenta um comportamento estatístico satisfatório, determinando ações de melhoria para a empresa implantar.

Palavras chave: Controle estatístico do processo, produtividade, processo de extrusão.

ABSTRACT

The market competition forces companies to work relentlessly on cost reduction and quality improvement. One way to achieve these goals is through the optimization of production processes by replacing raw materials or improving resource productivity. Thus, this research analyzes the performance of a production process of a gaucho company applying Statistical Process Control. The first phase of the study was to identify the problem that was occurring, and following the data collection and subsequent analysis were performed. In the analysis stage, tools like the histogram, control chart of averages and ranges were used, and analysis

¹Departamento de Engenharia de Produção, FACCAT, Taquara, Rio Grande do Sul, Brazil.

²Departamento de Engenharia de Produção, FACCAT, Taquara, Rio Grande do Sul, Brazil.

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

⁴Coordenador do Curso de Engenharia de Produção, FACCAT, Taquara, Rio Grande do Sul, Brazil.

⁵Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

*Autor para correspondência: profdajp@gmail.com

Recebido: 28.01.2014 Aceito: 26.08.2014

of process capability indices through Cp and Cpk. The main results of the research show that the process investigated does not present a satisfactory statistical behavior, determining actions to improve the company deploy.

Keywords: Statistical process control, productivity, extrusion process.

INTRODUÇÃO

Com a atual competição as empresas têm buscado a cada dia mais atualizar os seus processos produtivos e aprimorar seus equipamentos para garantir uma boa qualidade de seus produtos e, por consequência, diminuir gradativamente seus custos de produção. Podendo assim, obter maiores vantagens competitivas no mercado. Conforme Almeida, Eltz e Unterleider (2010) investimentos direcionados para melhorias de processos produtivos e redução da variabilidade nos processos produtivos. A redução da variabilidade e melhoria dos processos proporcionam às empresas diminuir os custos de fabricação e aumento da competitividade, afirmam Saldanha *et al.* (2013).

Processos produtivos e desempenho de equipamentos são de suma importância nas indústrias. Já que produzir cada vez mais em menor tempo, tendo alta qualidade no produto final e ao mesmo tempo maximizando os recursos disponíveis passou a ser não só uma vantagem competitiva, mas sim uma questão de sobrevivência para as empresas (Roldan *et al.*, 2013). Ainda, segundo Camargo e Pacheco (2013) melhorias de processo e o uso de ferramentas que auxiliem no controle e otimização são medidas necessárias. Nos últimos anos, várias foram as ferramentas e metodologias propostas para assegurar a fabricação de produtos sem defeitos e também controlar os processos produtivos.

Para Juran e Gryna (1992) qualidade é adequação ao uso. Para Deming (2003) a qualidade é definida conforme as exigências e necessidades dos clientes e como tais necessidades mudam ao longo do tempo as especificações também devem ser alteradas. Nonnemacher e Pacheco (2013) investigaram as implicações de abordagens de gestão na tomada de decisão em pequenas empresas. Rauber *et al.* (2013) avaliaram o impacto da ISO 9001 em uma pequena empresa. Uma das abordagens mais utilizadas é o CEP (Controle Estatístico de Processos), que pode ser aplicada tanto para melhorar e controlar os processos como para monitorá-los (Rebelato, Fernandes, Rodrigues, 2008). As cartas de controle auxiliam a evitar ajustes desnecessários, além de auxiliarem no diagnóstico do processo e a mensurar a capacidade produtiva da empresa ou equipamento em análise (Pedrini & Caten, 2008). Pacheco *et al.* (2013a) analisaram o efeito da co-criação de valor na melhoria de negócios logísticos.

De acordo com Camargo *et al.* (2010) existem pelo menos cinco razões para a utilização das cartas de controle: (i) são técnicas comprovadas de melhoria da produtividade, (ii) são eficazes na prevenção de defeitos, (iii) evitam ajustes desnecessários em processos, (iv) fornecem informações confiáveis para diagnóstico do desempenho de processos e (v) fornecem informações sobre a capacidade de processos, bem como permitem avaliar se o comportamento do processo, em termos de variação, é previsível. Os gráficos de controle permitem o monitoramento da média, assim como da variabilidade dos dados inerentes às características de qualidade avaliadas em qualquer produto ou processo realizado. Cabe também ressaltar que, independente do processo, dificilmente será obtido a variabilidade nula. Esse fato se dá em função de que na natureza não existem dois exemplos exatamente iguais; sendo assim, sempre haverá uma pequena variação. Mesmo em processos industriais, os quais nos dizem que todos os exemplares produzidos são iguais, sempre há um percentual muito pequeno de variabilidade, essa ocorre devido a um somatório de pequenas causas aleatórias ou não que agem sobre o processo produtivo (Ide, Ribeiro, Souza, 2009).

Tendo em vista que processos produtivos e o desempenho de equipamentos são de suma importância na produtividade industrial, essa pesquisa investigou em uma indústria química um dado equipamento que não apresenta eficiência produtiva satisfatória. Assim, foi realizado um estudo de verificação da capacidade do processo realizado por esse equipamento, com o objetivo de melhorar seu desempenho. Portanto, o presente estudo teve como objetivo aplicar as ferramentas do controle estatístico de processos para reduzir a variabilidade e melhorar o desempenho de um processo de extrusão e corte de um produto, levando em consideração o peso de cada unidade fabricada. O equipamento que produz este item é composto de uma extrusora, uma esteira e uma guilhotina de corte. Para conduzir a pesquisa, o artigo está organizado conforme segue: a seção dois apresenta o referencial teórico; a seção três os procedimentos metodológicos; a seção quatro detalha o desenvolvimento e a discussão dos resultados; por fim na seção cinco apresenta as considerações finais foram destacadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Controle Estatístico de Processo

O CEP é uma ferramenta utilizada para identificar as variabilidades do processo, através de algumas técnicas estatísticas ele quantifica e qualifica as variações do processo (Moura, Lino, Fernandes, 2008). Deming (2003) e Juran e Gryna (1992) afirmam que os níveis de variação da qualidade são reduzidos pelo uso do CEP e são fundamentais em sistemas produtivos. Conforme Paese, tenCaten, Ribeiro (2001), o CEP é utilizado na maioria dos casos para realizar o monitoramento de processos produtivos em tempo real, o que possibilita que as tomadas de ações corretivas, evitando grandes perdas de matéria prima e tempo em investigações de problemas. Além disso, com o CEP é possível monitorar a variabilidade do processo produtivo e adotar as medidas corretivas com maior eficiência. Para Almeida, Eltz e Unterleider (2010) com o uso desta ferramenta é possível que sejam realizadas ações corretivas antes de ocorrerem não conformidades, assim como saber se o processo está funcionando como deveria ou se está fora das especificações de qualidade e ainda o CEP executa ações apropriadas para obter e manter um estado de controle estatístico. Saldanha *et al.* (2013) identificaram benefícios da aplicação do Controle Estatístico de Processos na indústria química. Ainda conforme Pacheco *et al.* (2013b) a redução da variabilidade pelo CEP pode elevar a capacidade produtiva de sistemas de manufatura.

Histograma e Gráficos de Controle

Um histograma é uma relação de intervalos dispostos no eixo X e suas respectivas frequências no eixo Y (Souza, 2002). O histograma mostra a distribuição de probabilidade dos dados, para processos industriais, a distribuição normal de dados é a mais desejada (Neto, 2004). Conforme Medeiros, Silva, Costa e Miranda (2012) há diferença entre os histogramas e os gráficos de controle. Essa diferença é comprovada já que os gráficos de controle mostram o comportamento de uma variável ao longo do tempo, enquanto os histogramas fornecem uma fotografia da variável num determinado instante, representando uma distribuição de frequência.

Já os gráficos de controle são utilizados para fazer a análise dos dados e identificar as causas especiais existentes em um processo. A partir dos dados obtidos na análise das cartas de controle, pode-se tomar decisões preventivas e controlar possíveis desvios de variabilidade no processo produtivo (Michel & Fogliatto, 2002).

Conforme Mayer (2004), os gráficos de controle, também chamados de cartas de controle permitem entender e visualizar resultados/saídas de processos. Caso os processos estejam

fora de controle, as cartas ajudam na atuação sobre o processo para estabilização do mesmo. Um dos pontos fortes das cartas de controle é que elas podem ser monitoradas e acompanhadas pelos próprios operadores dos processos, dando a eles a oportunidade de atuarem imediatamente sobre as causas especiais, contribuindo para o ajuste e a estabilização do processo.

Para Ferreira (2004), as cartas de controle utilizadas no controle estatístico de processo podem ser classificadas como gráficos de controle para variáveis ou atributos. Para a escolha adequada do gráfico de controle, é necessário considerar o tamanho da amostra a ser analisada. Para amostras onde $n > 1$ utiliza-se média e amplitude ou média e desvio padrão, porém para amostras onde $n > 10$ é imprescindível empregar gráficos de média e desvio padrão, pois na medida em que n aumenta, a amplitude se torna cada vez mais ineficiente para estimar a variabilidade do processo (Ferreira, 2004). De acordo com Hernández (2010), ao medir uma variável é necessário monitorar o valor médio ou centralidade, e a variabilidade. Para monitorar a centralidade utiliza-se a carta dos valores médios, e carta de amplitude amostral, variância e o desvio padrão para monitorar a dispersão. No presente estudo, foi utilizada a carta de controle das médias e de amplitudes.

Análise de Causas Comuns e Causas Especiais

Quando o processo possui somente causas comuns, diz-se que ele está sob controle. Estas causas podem estar relacionadas com o meio ambiente, matérias primas entre outras, e são de difícil controle. Eliminar ou minimizar os efeitos das causas comuns requer investimento em equipamentos, substituição de algumas matérias primas e treinamento de operadores (Pires, 2000). Já as causas especiais estão relacionadas a equipamentos e instrumentos desregulados, método de trabalho, entre outros. A identificação e o monitoramento das causas especiais geralmente são simples de ser realizadas, e uma vez que as mesmas sejam identificadas, deve-se atuar sobre elas buscando a estabilização do processo (Pires, 2000).

De acordo com Pedrini e Caten (2008), para verificar se o processo está sob controle estatístico existem 8 testes para a detecção de pontos fora de controle: (i) teste 1: O ponto está localizado acima do LSC ou abaixo do LIC; (ii) teste 2: Presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo da LC; (iii) teste 3: Seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes; (iv) teste 4: Catorze pontos alternados em uma linha; (v) teste 5: Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da LC; (vi) teste 6: Quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da LC; (vii) teste 7: Quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão da LC; (viii) teste 8: Oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão da LC. Ao analisarmos os gráficos de controle podemos identificar claramente quais são os pontos fora do limite superior e inferior, assim podendo identificar os tipos de causas especiais existe no processo.

Análise de Capacidade do Processo

Se as causas especiais responsáveis pela variação do processo forem eliminadas, e o mesmo apresentar uma distribuição normal, então pode-se considerar que o processo está sob controle estatístico, ou seja, é um processo estável. Porém, mesmo assim, o processo ainda produz itens defeituosos, então é imprescindível avaliar a capacidade do processo em atender as especificações estabelecidas de acordo com as necessidades dos clientes (González & Werner, 2009). De acordo com González e Werner (2009), para avaliar a capacidade do processo podemos utilizar o índice de Capacidade Potencial do processo (C_p), que considera que o mesmo está centrado no valor nominal de especificação.

Muitas vezes o processo não está centrado no valor nominal, então a avaliação do índice Cp pode levar a conclusões erradas. Para evitar isto, deve-se avaliar o índice de desempenho real do processo (Cpk). O índice Cpk mede a capacidade real do processo, onde um índice Cpk > 1, é condição essencial para uma fração de itens defeituosos de no máximo 0,27% (Neto, 2004). Os índices Cp e Cpk são dados pelas seguintes equações 1 e 2 e análise da capacidade é feita de acordo com a classificação da tabela 1 a seguir:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

$$Cpk = \min \left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

Onde: LSE é o limite superior de especificação, LIE é o limite inferior de especificação, σ é o desvio padrão e μ é a média do processo (González & Werner, 2009).

Tabela 1. Referência para Análise do Índice Cp

Cp	Itens não-conforme (PPM)	Interpretação
$Cp < 1$	Acima de 2700	Processo Incapaz
$1 \leq Cp \leq 1,33$	64 a 2700	Processo Aceitável
$Cp \geq 1,33$	Abaixo de 64	Processo Capaz

Fonte: Adaptada de González e Werner (2009)

Procedimentos metodológicos

Uma pesquisa pode ser classificada de diversas formas. A utilizada neste estudo tem natureza aplicada, pois através da aplicação do CEP busca-se avaliar o desempenho estatístico do processo em estudo. Para Jung (2004), o conhecimento resultante deste tipo de pesquisa pode em um primeiro momento apresentar-se desagregado do contexto cotidiano, mas, posteriormente, tornar-se-á vital a aplicação em pesquisas tecnológicas.

Quanto aos objetivos a pesquisa teve por finalidade ser descritiva, pois o resultado da mesma servirá de fonte de dados para o planejamento de futuras alterações no processo com o objetivo de melhorar o mesmo. Uma pesquisa descritiva visa identificar, registrar e analisar as características, fatores e variáveis que se relacionam com o processo (Jung, 2004). Os dados utilizados na pesquisa são oriundos do processo produtivo estudado, desta forma, a mesma teve uma abordagem quantitativa e quanto ao método, foi realizada uma pesquisa bibliográfica.

Mensalmente a empresa produz 1000 caixas do produto fabricado no processo estudado. Por ser um processo relativamente novo na empresa, o comportamento estatístico do mesmo ainda é desconhecido. O processo produtivo tem início com a mistura de algumas matérias-primas. Posteriormente esta mistura passa por uma pré-extrusão, e logo após por uma extrusão final onde o produto ganha forma e é cortado em pequenas barras. A extrusora recebe a massa pré-extrusada e inicia o processo final, dispensando o produto em forma de uma tira contínua sobre uma esteira. Na sequência esta tira entra em uma guilhotina onde é cortada em pequenas barras que devem pesar de 9 a 10g. O peso destas barras apresenta oscilação em razão de variáveis que atuam sobre a extrusora e o equipamento de corte. Portanto, o peso das barras extrusadas e cortadas resultantes deste processo é a variável de estudo desta pesquisa. Para o estudo em questão, ficou definida a utilização das cartas de média e amplitude, pois as amostras foram coletadas em subgrupos de $n=10$. A figura 1 facilita o entendimento do processo de decisão do tipo de carta a ser utilizada.

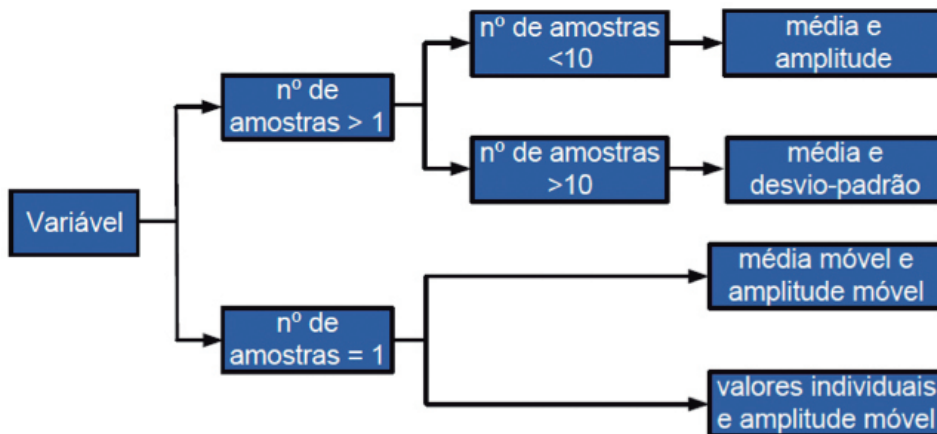


Figura 1. Fluxograma para seleção das cartas de variáveis.

Fonte: Nath, Volkart e Unterleider (2010)

Para a coleta de dados, elaborou-se um plano de controle de pesagem, onde se definiu coleta de amostras de subgrupo 10 a cada 60 minutos em todo o turno de trabalho por três dias. Com este método de coleta de dados, objetiva-se descobrir a variabilidade da amostra e também do sistema como um todo.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A coleta de dados ocorreu durante três dias, no mesmo equipamento e as amostras para pesagem foram retiradas em subgrupo de 10 unidades a cada 60 minutos. A cada dia de coleta, foram coletadas 80 amostras, totalizando 240 amostras ao longo dos três dias. Para a pesagem das amostras foi utilizada uma balança eletrônica com precisão de 0,1g. A coleta de dados segue nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Dados coletados no primeiro dia de amostragem

PLANO DE CONTROLE DE PESAGEM – 30/09/2013								
HORA	7:45	8:45	9:45	10:45	13:30	14:30	15:30	16:30
PESO (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
8,6								
8,7								
8,8								
8,9	.							
9,0								
9,1	.							
9,2	...				..	.
9,3	.		.		..			.
9,4	...		.		
9,5			...		..	....	..	...
9,6	.	...	..	.	..		.	...
9,7		..	.				...	.
9,8		...	..			.	.	.
9,9		..				.	..	.
10,0				....	..	..	.
10,1				.				
10,2				..				
10,3				..		.		
10,4								
10,5								
10,6								
MÉDIA	9,27	9,74	9,57	10,07	9,52	9,72	9,73	9,60

Tabela 4. Dados coletados no segundo dia de amostragem

PLANO DE CONTROLE DE PESAGEM – 01/10/2013								
HORA	7:30	8:30	9:30	10:30	13:45	14:45	15:45	16:45
PESO (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
8,6								
8,7								
8,8	..							
8,9							.	
9,0							.....
9,1				.			.	
9,2		...	.	..	.		.
9,3		.	.	.	..		.	..
9,4		.		.				.
9,5		..	.	....	...	.		..
9,6	...	.	.		..	...		...
9,7	.	.	.			.		..
9,8	.					..		
9,9	.	.	.		..	.
10,0	..		...			.
10,1			.					
10,2								
10,3						.		
10,4								
10,5								
10,6								
MÉDIA	9,58	9,45	9,73	9,37	9,53	9,78	9,05	9,52

Tabela 5. Dados coletados no terceiro dia de amostragem

PLANO DE CONTROLE DE PESAGEM – 02/10/2013								
HORA	7:30	8:30	9:30	10:30	13:30	14:30	15:30	16:30
PESO (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
8,6								
8,7								
8,8		.						
8,9				.				
9,0	...	..		.			.
9,1	..	.				.		..
9,2	....	..	.	..	...	.	.....	.
9,3	.	..	.		....	..	..
9,4			.	..	..	.	.
9,5		.	.	..		.	.
9,6		.	..		.	.
9,7			..	..	.	.		...
9,8			..			..		..
9,9								.
10,0								
10,1								.
10,2								
10,3								
10,4								
10,5								
10,6								
MÉDIA	9,13	9,20	9,56	9,35	10,29	9,47	9,25	9,61

Após os dados coletados, foi criado o histograma para verificar a distribuição das frequências e facilitar a análise das informações. Conforme pode ser observado no histograma da figura 2, o processo produtivo não segue uma curva normal quanto à distribuição das frequências. No eixo y do histograma é apresentado a quantidade de amostras e no eixo x a média do peso das amostras na unidade gramas. A média das amostras coletadas é 9,6 gramas e o desvio padrão 0,61. O teste de normalidade de Anderson Darling valida a hipótese de normalidade dos dados, pois obteve-se p-value de 0,047 para 95% de confiança do teste.

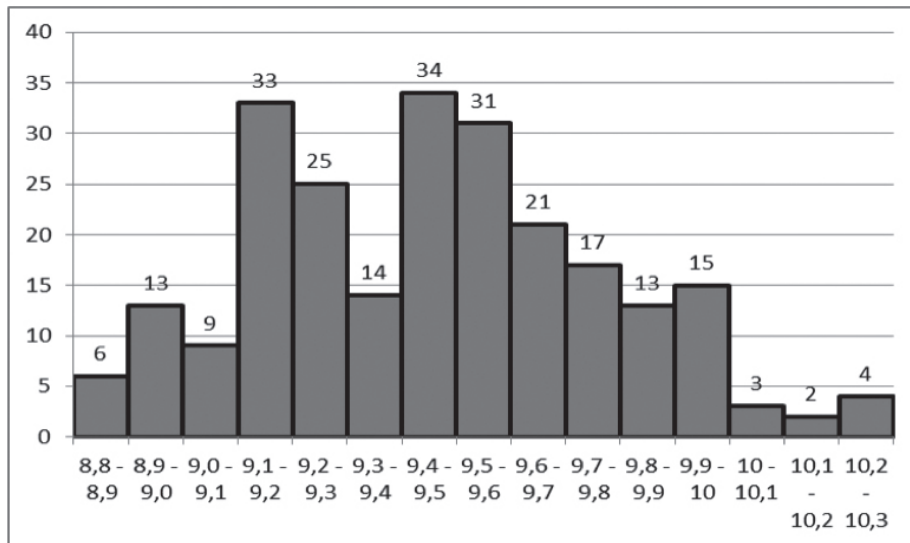


Figura 2. Histograma dos dados coletados no processo produtivo

A partir dos dados coletados também foram elaborados os gráficos de controle para a média e a amplitude. Os gráficos foram gerados com o software Microsoft Excel. As figuras 3 e 4 mostram as cartas de controle das médias dos pesos, e das amplitudes das amostras coletadas no processo.

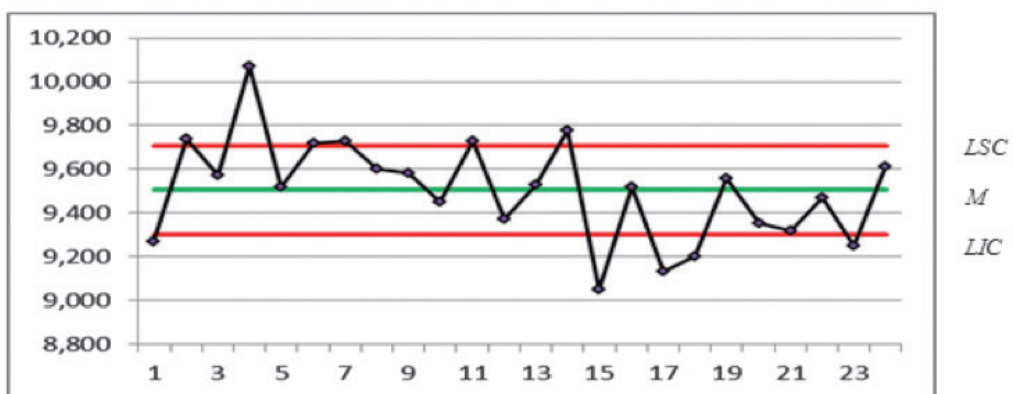


Figura 3. Gráfico das médias do peso das amostras
LSC (Limite Superior de Controle), M (valor da média do processo), LIC (Limite Inferior de Controle do processo)

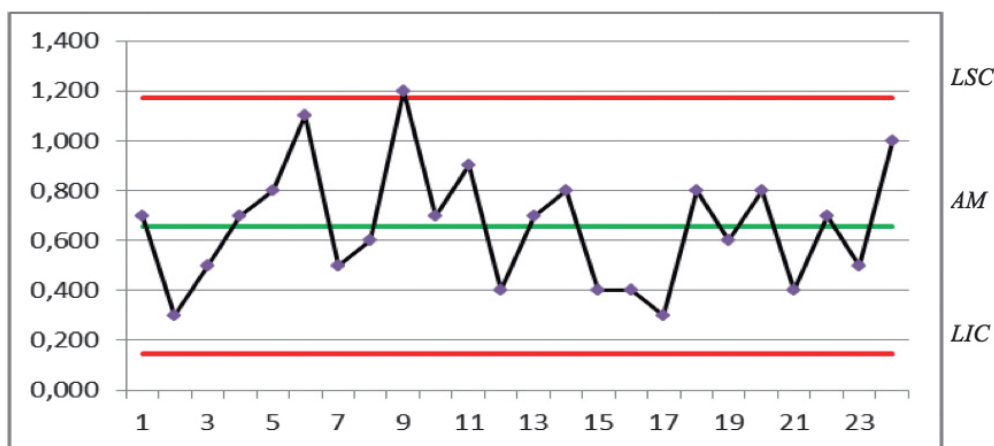


Figura 4. Gráfico das amplitudes das amostras

Com a análise das cartas de controle (Figuras 3 e 4) é possível observar que processo não apresenta um comportamento estatístico adequado, ou seja, existem causas especiais de variabilidade atuando no mesmo, o que o classifica como fora de controle estatístico. As evidências para esta afirmação são facilmente visualizadas na Figura 3 nas amostras 2, 4, 11, 14, 15, 17, 18 e 23, onde é possível observar que existem pontos fora dos limites de controle superior e inferior. Também apresenta uma sequência de mais de sete pontos acima da linha central e também uma sequência em descendência do ponto sete aos 10.

De acordo com Oliveira *et al.* (2011), para utilizar os índices de capacidade do processo é necessário que o mesmo esteja sob o controle estatístico e que a variável em estudo possua distribuição próxima da normal. É possível observar nas figuras 2 e 3, que o processo não está sob controle estatístico. O estudo em questão apresenta o índice $C_p = 0,78$ e $C_{pk} = 0,77$. Os valores foram obtidos a partir dos limites inferior e superior da coleta de dados e aplicaram-se as equações 1 e 2, citadas anteriormente. Os cálculos estão demonstrados a seguir.

$$C_p = \frac{10,0 - 9,0}{6 \times 0,2137} \quad C_p = 0,78$$

$$C_{pk} = \frac{10,0 - 9,505}{3 \times 0,2137} \quad C_{pk} = 0,77$$

Um processo com $C_p < 1$ apresenta uma taxa de 2,700 (PPM) de itens não conformes, o que o classifica como um processo incapaz. A partir dos resultados de C_p e C_{pk} foi possível constatar o baixo desempenho do equipamento de extrusão. A operação inadequada do sistema de alimentação da extrusora é apontada como sendo principal causa de variabilidade do processo, o que por consequência gera unidades fora do peso especificado. Logo, são necessárias ações de melhoria nesse equipamento para reduzir a variabilidade, ou identificar novas possíveis fontes de variabilidade inerentes aos produtos. Considerando os objetivos propostos na pesquisa, foi possível evidenciar que após serem usadas ferramentas como: histograma, carta de controle das médias e amplitudes e análise de capacidade de processo através dos índices de C_p e C_{pk} ficou claro que o uso do CEP contribui de maneira relevante para a análise do desempenho do processo de extrusão de uma indústria do ramo químico.

Devido aos custos envolvidos nos valores das matérias primas usadas na fabricação de produtos químicos, o CEP pode contribuir para melhorar o desempenho dos processos produtivos da empresa. Dessa maneira, os objetivos propostos no início da presente pesquisa foram atendidos. Para atender às especificações do produto quanto ao limite mínimo de peso de cada peça, será necessário que o equipamento opere com a regulagem que determina o peso das peças ajustado acima do necessário. Porém, isto irá gerar um consumo desnecessário de matéria prima, ou seja, um gasto acima do desejado, aumentando os custos de produção do processo de extrusão.

CONCLUSÕES

A análise dos dados indicou que existem causas especiais atuando no processo de extrusão, e estas causas impedem que o processo apresente um comportamento adequado do ponto de vista estatístico, dificultando o gerenciamento do processo e onerando o produto final. Com base no presente estudo, sugere-se uma avaliação detalhada do processo com o objetivo de identificar a origem das causas comuns ou especiais que atuam no mesmo, a fim de eliminá-las e por consequência melhorar a eficiência do processo de extrusão e corte que foi o objeto de estudo. Outro ponto que emerge é a possibilidade de evidenciar se a mistura de matéria-prima influencia de maneira significativa de forma a gerar alguma variação nas unidades produzidas.

A partir dos resultados da pesquisa, a empresa pode estabelecer um conjunto de ações de melhoria do desempenho do processo direcionadas a cada equipamento do setor produtivo e ao controle da matéria-prima usada no processo produtivo dos produtos químicos. Foi possível evidenciar que o uso do CEP contribuiu para a análise de desempenho do processo de extrusão da empresa bem como para identificar novas oportunidades de melhoria nos processos a partir da análise de outras variáveis.

RECOMENDACIONES

Como sugestões de continuidade desse estudo, sugere-se avaliar a contribuição de outras abordagens para melhorar o desempenho de qualidade de processos produtivos. Um ponto de partida a ser considerado pode ser o estudo de Pacheco *et al.* (2013b) que aplicaram a técnica de mineração de dados nos processos de gestão da qualidade total, a pesquisa de Pergher *et al.* (2011) que sugere uma metodologia para análise de perdas produtivas ou o estudo de Pacheco (2014) sobre a integração da TOC, Lean e Seis Sigma para melhoria da produtividade industrial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.D., ELTZ, J.L., and UNTERLEIDER, C.E.A. Análise da variabilidade no enchimento de latas de cerveja com 473 ml, através da aplicação do controle estatístico de processo (CEP). Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, UNESP, Bauru, 2010.

CAMARGO, M.E. et al. Análise do serviço de logística através de cartas de controle. Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, UNESP, Bauru, 2010.

CAMARGO, E., PACHECO, D. A. J. Aplicando o balanceamento de operações para melhorar o desempenho da indústria. Espacios (Caracas), 2013, vol.34, p.1-15.

DEMING, William Edwards. Saia da crise. São Paulo: Futura, 2003.

FERREIRA, P.O. Utilização do controle estatístico do processo para monitoramento do peso médio de cápsulas de tuberculostáticos: Estudo de caso no Nuplam - RN. Dissertação de mestrado. Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2004.

GONÇALVES, P.U., and WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. *Revista Gestão e Produção*, 2009, vol.16, no 01, p 121-132.

HERNÁNDEZ, R.H. Controle estatístico de processo aplicado na uniformidade da irrigação e fertirrigação por gotejamento. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná Campus de Cascavel, 2010.

IDE, M.S., RIBEIRO, J.I., and SOUZA, L.M. Gráficos de controle com uma abordagem de séries temporais. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 2009, vol.2, no1, p.69-84.

JUNG, C.F. Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos, Rio de Janeiro, ed. Axcel Books do Brasil, 2004.

JURAN, J. M., and GRZYNA, Frank M. Controle da Qualidade. São Paulo: Makron Books, 1992.

MAYER, P.C. Redução da Variabilidade em uma linha de produção de chapas de corpo de silos de grãos de corrugação 4" através da implantação do controle estatístico do processo. Tese de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2004.

MEDEIROS, L.D.D., SILVA, D.C.S., COSTA, D.O., and MIRANDA, G. Estudo e aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria cerâmica do Rio Grande do Norte. Anais. VII Simpósio de Engenharia de Produção Nordeste. Mossoró, Brasil, 2012.

MICHEL, R., FOGLIATTO, F.S. Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos. *Revista Gestão & Produção*, 2002, vol. 9, no 1, p. 17-31.

MOURA, G.G., LINO, H.S., and FERNANDES, S.M. Análise da metodologia de avaliação da capacidade dos processos de usinagem para implementação do CEP em ferramentas elétricas. Anais. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, Brasil, 2008.

NATH, V.O., VOLKART, R.H., and UNTERLEIDER, C.E.A. Análise da capacidade de um processo de envase através da utilização do controle estatístico de processos (CEP). Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, UNESP, Bauru, Brasil, 2010.

NETO, M.V.J. Método para redução das perdas de produtividade através da análise dos defeitos durante o processo de montagem em uma empresa fabricante de máquinas têxteis. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2004.

NONNEMACHER, G. L., PACHECO, D.A.J. Impacto do Processo de Pensamento da Teoria das Restrições na tomada de decisão em pequenas empresas. *Espacios* (Caracas), 2013, vol.34, p.1-12.

OLIVEIRA, J.B. et al. Análise da capacidade de um processo: Um estudo de caso baseado nos indicadores CP e CPK. Anais. XXI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, UFMG, Brasil, 2011.

PACHECO, D.A.J, et al. Investigando o Pensamento Enxuto e o Desenvolvimento Humano à luz da Cultura de Aprendizagem Colaborativa Virtual. *Espacios* (Caracas), 2013a, vol.34, p.1-6.

PACHECO, D.A.J., MACHADO, L., JUNG, C. F., CATEN, C. S. T. Investigando o uso da mineração de dados nos processos de gestão da qualidade total: um estudo de caso na indústria. *Espacios* (Caracas), 2013b, vol.34, p.1-11.

PACHECO, D.A.J., GOLDMEYER, D.B., GILSA, C.V., LACERDA, D.P., and ANTUNES, Jr., J.A.V. The proposition of a model of management in manufacturing capacity. *Espacios* (Caracas), 2013c, vol.34, p.1- 14.

PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Produção*, São Paulo, v. 24, p. 940-956, 2014.

PAESE, C., CATEN, C.T., and RIBEIRO, J.L.D. Aplicação da análise de variância na implantação do CEP. *Revista Produção*, 2001, vol. 11, no 01, p.7-26.

PEDRINI, D. C., CATEN, C. S.T. Comparação entre gráficos de controle para resíduos de modelos. *Anais. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*, UNESP, Bauru, Brasil, 2008.

PERGHER, I., RODRIGUES, L.H., and LACERDA, D.P. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. *Gestão & Produção*, 2011, vol. 18, no 4, p. 73-686.

PIRES, V.T. Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000.

RAUBER, J.S. et al. Análise do processo de implementação da ISO 9001 em uma pequena empresa brasileira. *Espacios* (Caracas), 2013, vol.34, p.2 – 17.

REBELATO, M. G; FERNANDES, J.M.R.; RODRIGUES, A.M. Proposta de integração entre métodos para planejamento e controle da qualidade. *Revista Gestão Industrial*, 2008, vol. 4, no 02, p.162-185.

ROLDAN, V.P.S. et al. Inovação em serviços: análise do caso de uma empresa de médio porte no nordeste brasileiro. *Revista Gestão Industrial*, 2013, vol. 9, no 01, p. 01-23.

SALDANHA, P., ROTHE, C. K., BENEDETT, F. R., PACHECO, D. A. J., JUNG, C. F., TEN CATEN, C. S. Analisando a aplicação do Controle Estatístico de Processos na indústria química: Um estudo de caso. *Espacios*. vol. 34, no11, 2013.

SOUZA, G. R. Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de bebidas. Tese de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.